

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2003年1月30日 (30.01.2003)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 03/009386 A1

(51) 国際特許分類7: H01L 27/12

(21) 国際出願番号: PCT/JP02/06965

(22) 国際出願日: 2002年7月9日 (09.07.2002)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願2001-216828 2001年7月17日 (17.07.2001) JP

(71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 信越半導体株式会社 (SHIN-ETSU HANDOTAI CO.,LTD.) [JP/JP]; 〒100-0005 東京都千代田区丸の内1丁目4番2号 Tokyo (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 阿賀 浩司 (AGA,Hiroji) [JP/JP]; 〒379-0196 群馬県安中市磯部2丁目13番1号 信越半導体株式会社 半導体磯部研究所内 Gunma (JP). 富澤 進一 (TOMIZAWA,Shinichi) [JP/JP]; 〒379-0196 群馬県安中市磯部2丁目13番1号 信越半導体株式会社 半導体磯部研究所内 Gunma (JP). 三谷 清 (MITANI,Kiyoshi) [JP/JP]; 〒379-0196 群馬県安中市磯部2丁目13番1号 信越半導体株式会社 半導体磯部研究所内 Gunma (JP).

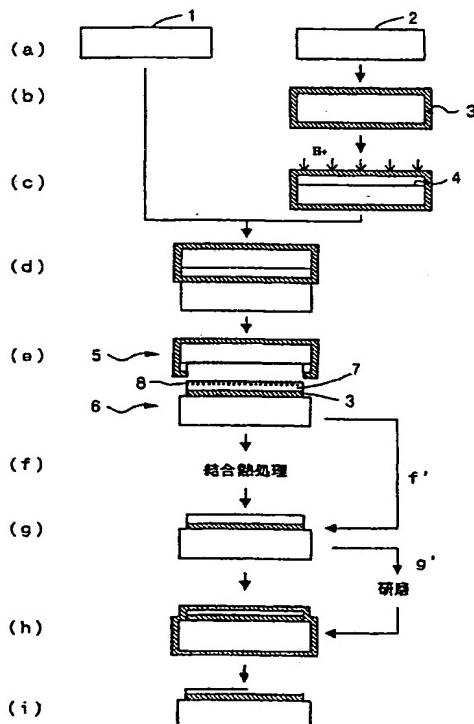
(74) 代理人: 好宮 幹夫 (YOSHIMIYA,Mikio); 〒111-0041 東京都台東区元浅草2丁目6番4号 上野三生ビル4F Tokyo (JP).

(81) 指定国(国内): CN, JP, KR, SG, US.

[締葉有]

(54) Title: METHOD FOR PRODUCING BONDING WAFER

(54) 発明の名称: 貼り合わせウエーハの製造方法



f'...BONDING HEAT TREATMENT
g'...POLISHING

(57) Abstract: A method for producing a bonding wafer by ion implantation stripping method comprising a step for bonding a bond wafer having a micro bubble layer formed by gas ion implantation and a base wafer becoming a supporting substrate, and a step for stripping the bond wafer with the micro bubble layer as a boundary and forming a thin film on the base wafer, wherein the pasted wafer from which the bond wafer is stripped is heat treated in the atmosphere of an inert gas, hydrogen gas or their mixture gas, a thermal oxide film is formed on the surface of the thin film by thermally oxidizing the pasted wafer, and then the thickness of the thin film is reduced by removing the thermal oxide film. Damages and defects on the surface of a pasted wafer produced by ion implantation stripping method can be removed surely while sustaining uniformity in the thickness of a thin film on the wafer, and a method for producing a bonding wafer sufficiently applicable as a mass production technology is provided.

WO 03/009386 A1

[締葉有]



(84) 指定国(広域): ヨーロッパ特許(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR).

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

添付公開書類:
— 国際調査報告書

(57) 要約:

本発明は、少なくとも、ガスイオンの注入により形成された微小気泡層を有するボンドウェーハと支持基板となるベースウェーハとを接合する工程と、前記微小気泡層を境界としてボンドウェーハを剥離してベースウェーハ上に薄膜を形成する工程とを有するイオン注入剥離法によって貼り合わせウェーハを製造する方法において、前記ボンドウェーハを剥離した後の貼り合わせウェーハに、不活性ガス、水素ガス、あるいはこれらの混合ガス雰囲気下で熱処理を施し、その後、該貼り合わせウェーハに熱酸化を行って前記薄膜の表面に熱酸化膜を形成し、該熱酸化膜を除去することにより前記薄膜の厚さを減ずる貼り合わせウェーハの製造方法である。これにより、イオン注入剥離法により製造された貼り合わせウェーハの薄膜の膜厚均一性を維持しつつ表面のダメージや欠陥を確実に除去することができ、しかも、量産技術として十分に適用可能な貼り合わせウェーハの製造方法が提供される。

明細書

貼り合わせウエーハの製造方法

5

技術分野

本発明は、イオン注入剥離法を用いた貼り合わせウエーハの製造方法に関し、特には、水素イオン等を注入したシリコンウエーハを支持基板となる他のウエーハと接合した後に剥離してS O I ウエーハを製造する方法に関する。

10

背景技術

最近、S O I ウエーハの製造方法として、イオン注入したウエーハを接合後に剥離してS O I ウエーハを製造する方法（イオン注入剥離法：スマートカット法（登録商標）とも呼ばれる技術）が新たに注目され始めている。このイオン注入剥離法は、二枚のシリコンウエーハの内、少なくとも一方に酸化膜を形成すると共に、一方のシリコンウエーハ（ボンドウエーハ）の上面から水素イオンまたは希ガスイオン等のガスイオンを注入し、該ウエーハ内部に微小気泡層（封入層）を形成させた後、該イオンを注入した方の面を酸化膜を介して他方のシリコンウエーハ（ベースウエーハ）と密着させ、その後熱処理（剥離熱処理）を加えて微小気泡層を劈開面として一方のウエーハ（ボンドウエーハ）を薄膜状に剥離し、さらに熱処理（結合熱処理）を加えて強固に結合してS O I ウエーハとする技術（特開平5-211128号参照）である。この方法では、劈開面（剥離面）は良好な鏡面であり、S O I 層の膜厚の均一性も高いS O I ウエーハが比較的容易に得られている。

しかし、イオン注入剥離法によりS O I ウエーハを作製する場合においては、剥離後のS O I ウエーハ表面にイオン注入によるダメージ層が存在し、また表面粗さが通常の製品レベルのシリコンウエーハの鏡面に比べて大きなものとなる。したがって、イオン注入剥離法では、このようなダメージ層、表面粗さを除去す

ることが必要になる。従来、このダメージ層等を除去するために、結合熱処理後の最終工程において、タッチポリッシュと呼ばれる研磨しろの極めて少ない鏡面研磨（取りしろ：100 nm程度）が行われていた。

ところが、SOI層に機械加工的要素を含む研磨をしてしまうと、研磨の取りしろが均一でないために、水素イオンなどの注入、剥離によって達成されたSOI層の膜厚均一性が悪化してしまうという問題が生じる。

そこで、特開平10-242154号公報では、イオン注入剥離法で得られたSOIウエーハの表面を研磨することなく活性雰囲気（水素雰囲気）で熱処理することにより、面粗さを改善する方法が提案された。この方法であれば、SOI層の膜厚均一性を維持したままSOI層表面の面粗さを改善することができるこ
とが記載されている。

しかし、イオン注入剥離法で得られたSOIウエーハにはイオン注入に起因したダメージが存在し、このSOI層中のダメージは、表面側が大きく、内部になるにしたがい小さくなる。従って、上記のような活性雰囲気の熱処理を加えると、ダメージの回復はSOI層の内部から表面側に進行することになるが、表面側のダメージが大きい場合には、高温、長時間の熱処理が必要とされる上に、高温、長時間の熱処理を行っても、場合によっては完全に回復できないこともあった。

ダメージの大きさや深さは、水素イオンなどのガスイオンの注入エネルギーの大きさやドーズ量に影響されるものであるので、例えば、厚いSOI層や厚い埋め込み酸化膜を有するSOIウエーハを製造する場合のように注入エネルギーを大きくする必要がある場合や、剥離熱処理を低温で行う目的によりドーズ量を大きくする必要があるような場合には、上記の問題は顕著になる。

さらに、水素ガスを含有する還元性雰囲気下で高温、長時間の熱処理を行うと、SOI層表面のシリコンがエッティングされて膜厚均一性が劣化すると共に、埋め込み酸化膜にエッチピットが生じることがあった。これは、SOI層にCOP (Crystal Originated Particle) のような欠陥があり、それが下地の酸化膜までつながっていると、COPは消滅せずにそのまま残るか、あるいは拡大することもあるため、この欠陥を通して侵入した水素等によって埋め込み酸化膜までもがエッティングされてしまい、ここにピットが形成されることが原因である。こ

のエッチピットは、その近傍のS O I層にも影響を与えるため問題であった。

以上のように、イオン注入剥離法によって得られるS O Iウエーハのダメージ層や表面粗さをS O I層の膜厚均一性を維持しつつ除去するために、種々の方法が提案されたが、いまだに満足できるものではなく、適切な解決方法が望まれてい
5 た。

そこで本出願人らは特開2000-124092号公報のように、イオン注入剥離法において、剥離後のS O I層表面に残留するダメージ層、表面粗さを、S O I層の膜厚均一性を維持しつつ除去することにより高品質のS O Iウエーハを製造する方法として、剥離後のS O I表面に対し、酸化性雰囲気下の熱処理により酸化膜を形成した後に該酸化膜を除去し、次に還元性雰囲気下の熱処理を加える方法を提案した。
10

このように、酸化性雰囲気下の熱処理によりS O I層に酸化膜を形成してから酸化膜を除去するいわゆる犠牲酸化を行うことにより、酸化膜中にS O I層表面のダメージ層の一部または全部を取り込むことができるので、これを除去すれば
15 ダメージ層を効率良く除去することができる。そして、次に還元性雰囲気下の熱処理を加えることにより、S O I層に残留するダメージ層を回復させるとともに、表面粗さを改善することができ、すでにS O I層表面のダメージ層の一部または全部を犠牲酸化により除去しているので還元性雰囲気下の熱処理の熱処理時間も短時間とすることができます。さらに、この方法では、機械加工的要素を含む研磨
20 等を行う必要がないため、S O I層の膜厚均一性が劣化することもなく、イオン注入剥離法により極めて高品質のS O Iウエーハを、より高生産性で製造することができる」とされた。

上記したように、特開2000-124092号公報に記載された技術は、イオン注入剥離法において、剥離後にS O I層表面に残留するダメージ層、表面粗さを、S O I層の膜厚均一性を維持しつつ除去することができるという利点を有するものであったが、この技術に関し本発明者らがさらに追試を行ったところ、次のような欠点があることが判明し、このままでは量産技術としては不十分であることが明らかとなつた。
25

- 1) 上記技術における犠牲酸化はイオン注入による剥離面を直接酸化して

いるため、酸化により酸化誘起積層欠陥（O S F : Oxidation induced Stacking Fault）が発生する場合があり、このO S Fは、その後の還元性雰囲気の熱処理のみでは除去しきれない場合がある。

2) 還元性雰囲気の熱処理で十分に除去される表面粗さは主に短周期成分（例
5 えば、周期 $1 \mu m$ 以下）のみであり、表面粗さの長周期成分（例えば、周期 $1 \sim 10 \mu m$ 程度）の除去が不十分となる場合がある。

3) 還元性雰囲気として、水素ガスを多量に含有した雰囲気で高温熱処理を行なうと、水素ガスが貼り合わせ界面へ作用し、界面の侵食が大きくなる場合があり、デバイスプロセスにおける発塵の原因となる。

10

発明の開示

本発明は、このような問題点を解決するためになされたもので、イオン注入剥離法により製造された貼り合わせウエーハの薄膜の膜厚均一性を維持しつつ表面
15 のダメージや欠陥を確実に除去し、表面粗さを十分平坦なものとすることができます、しかも、量産技術として十分に適用可能な貼り合わせウエーハの製造方法を提供することを目的とする。

上記課題を解決するため、本発明の貼り合わせウエーハの製造方法は、少なくとも、ガスイオンの注入により形成された微小気泡層を有するボンドウエーハと支持基板となるベースウエーハとを接合する工程と、前記微小気泡層を境界としてボンドウエーハを剥離してベースウエーハ上に薄膜を形成する工程とを有するイオン注入剥離法によって貼り合わせウエーハを製造する方法において、前記ボンドウエーハを剥離した後の貼り合わせウエーハに、不活性ガス、水素ガス、あるいはこれらの混合ガス雰囲気下で熱処理を施し、その後、該貼り合わせウエーハに熱酸化を行って前記薄膜の表面に熱酸化膜を形成し、該熱酸化膜を除去することにより前記薄膜の厚さを減ずることを特徴とする。

このように、剥離工程後の薄膜の剥離面に対し、不活性ガス、水素ガス、あるいはこれらの混合ガス雰囲気下で熱処理を行なって表面の平坦化処理とダメージ除去を行なった後に、酸化および酸化膜除去を行なうようにすれば、膜厚均一性

を維持できるとともに、酸化によるO_xFの発生を確実に回避することができる。

この場合、前記不活性ガス、水素ガス、あるいはこれらの混合ガス雰囲気下での熱処理の後、前記薄膜の表面を70nm以下の取りしろで研磨し、その後前記熱酸化を行なうようにすることができる。

5 このように、不活性ガス、水素ガス、あるいはこれらの混合ガス雰囲気下での熱処理の後、表面をわずかに研磨する(取りしろ70nm以下、特には50nm以下)ことによって、表面粗さの長周期成分の改善をすることができる。

すなわち、不活性ガス、水素ガス、あるいはこれらの混合ガス雰囲気下での熱処理によって、表面粗さの短周期成分は十分に除去されるが、長周期成分が残存10する場合があるので、これを研磨により除去するものである。このように、一旦熱処理が行なわれれば、表面粗さおよび表面のダメージが改善されているので、研磨しろを従来に比べて少なくすることが可能となり、半分以下にすることも可能となる。また、薄膜の膜厚均一性に及ぼす影響を最小限に留めて、表面粗さの長周期成分の除去を確実に行なうことができる。

15 また、前記不活性ガス、水素ガス、あるいはこれらの混合ガス雰囲気下での熱処理を、アルゴン100%雰囲気または爆発限界以下の水素を含むアルゴン雰囲気で行なうことをお好ましい。

このような雰囲気であれば、貼り合わせ界面の侵食を抑制しつつ、表面粗さおよび表面のダメージを改善することができる。

20 さらに、本発明においては、ボンドウェーハとして、シリコン単結晶ウェーハを用いるのが好ましい。

25 このように、高品質で大口径のウェーハが作製できるシリコン単結晶ウェーハをボンドウェーハとして用い、これにガスイオンを注入して剥離することによって、高品質のシリコン単結晶薄膜を有する大口径の貼り合わせウェーハを低成本で製造することができる。

そして、本発明方法によって製造される貼り合わせウェーハは、膜厚均一性が高いとともに、表面粗さおよび表面ダメージのない薄膜を有する高品質の貼り合わせウェーハとなる。

例えば、2枚のシリコンウェーハを酸化膜を介して貼り合わせて製造されたS

SOI ウエーハであって、SOI 層表面を $1 \mu\text{m}$ 角および $10 \mu\text{m}$ 角で測定した表面粗さ (RMS) がいずれも 0.15 nm 以下であり、SOI 層の膜厚の σ が 1.5 nm 以下である貼り合わせ SOI ウエーハを提供することができる。

以上説明したように、本発明によれば、イオン注入剥離法において、剥離した薄膜の表面に残留するダメージ層、表面粗さを、薄膜の膜厚均一性を維持しつつ、確実に除去することができる。したがって、きわめて高品質の貼り合わせウエーハを、高生産性で製造することができ、量産技術としてきわめて適した貼り合わせウエーハの製造方法である。

10

図面の簡単な説明

図 1 (a) ~ (i) は、本発明のイオン注入剥離法による SOI ウエーハの製造工程の一例を示すフロー図である。

15

発明を実施するための最良の形態

以下、本発明の実施の形態を図面を参照しながら説明するが、本発明はこれらに限定されるものではない。

ここで、図 1 は本発明のイオン注入剥離法で SOI ウエーハを製造する方法の 20 製造工程の一例を示すフロー図である。

以下、本発明を 2 枚のシリコンウエーハを貼り合わせる場合を例にして説明する。

まず、図 1 のイオン注入剥離法において、工程 (a) では、2 枚のシリコン鏡面ウエーハを準備するものであり、デバイスの仕様に合った支持基板となるベ 25 スウエーハ 1 と SOI 層となるボンドウエーハ 2 を準備する。

次に工程 (b) では、そのうちの少なくとも一方のウエーハ、ここではボンドウエーハ 2 を熱酸化し、その表面に約 $0.1 \sim 2.0 \mu\text{m}$ 厚の酸化膜 3 を形成する。

工程 (c) では、表面に酸化膜を形成したボンドウエーハ 2 の片面に対して水

素イオンまたは希ガスイオン等のガスイオン、ここでは水素イオンを注入し、イオンの平均進入深さにおいて表面に平行な微小気泡層（封入層）4を形成させる。

工程（d）は、水素イオンを注入したボンドウェーハ2の水素イオン注入面に、ベースウェーハ1を酸化膜を介して重ね合せて密着させる工程であり、通常は、
5 常温の清浄な雰囲気下で2枚のウェーハの表面同士を接触させることにより、接着剤等を用いることなくウェーハ同士が接着する。

次に、工程（e）は、封入層4を境界としてボンドウェーハを剥離することによって、剥離ウェーハ5とSOIウェーハ6（SOI層7+埋め込み酸化膜3+ベースウェーハ1）に分離する剥離熱処理工程であり、例えば不活性ガス雰囲気
10 下約400°C～600°Cの温度で熱処理を加えれば、封入層における結晶の再配列と気泡の凝集とによって剥離ウェーハ5とSOIウェーハ6に分離される。そして、この剥離したままのSOIウェーハ表面のSOI層7には、ダメージ層8が残留する。

また、注入する水素等のイオンを励起してプラズマ状態で注入したり、貼り合
15 わせ面に対して予め窒素、酸素、水素等のプラズマ処理を行ったりして、貼り合わせ表面を活性化して密着することにより、剥離熱処理を省略することもできる。

この剥離工程後、工程（f）で結合熱処理工程を行う。この工程は、前記工程（d）（e）の密着工程および剥離熱処理工程で接合させたウェーハ同士の結合力では、そのままデバイス工程で使用するには弱いので、結合熱処理としてSO
20 Iウェーハ6に高温の熱処理を施し結合強度を十分なものとする。この熱処理は例えば不活性ガス雰囲気下、1000～1300°Cで30分から2時間の範囲で行うことが好ましい。ここまでこの工程は、本発明の方法も、従来のイオン注入剥離法と同じである。

ただし、本発明においては、この結合熱処理を省略し、次工程の不活性ガス、
25 水素ガス、あるいはこれらの混合ガス雰囲気下の熱処理を、結合熱処理を兼ねるものとすることもできる（図1のf'参照）。これにより、従来の表面粗さあるいは表面のダメージを除去する方法に比べ工程の簡略化をすることができる。

次に、工程（g）で、結合熱処理工程（f）の後（または、結合熱処理を省略する場合は剥離工程（e）の後）のSOIウェーハに不活性ガス、水素ガス、あ

るいはこれらの混合ガス雰囲気下、通常のヒータ加熱式の熱処理炉（バッチ炉）を使用して熱処理を行い、S O I 表面の表面粗さの改善とダメージを除去する。熱処理温度は 1100°C～1350°C が適切である。1100°C 未満であると、表面粗さの改善をするのに、長時間が必要となる。また、1350°C を超える温度では重金属不純物による汚染や熱処理炉の耐久性に問題が発生する場合がある。
5 また、熱処理時間は熱処理温度にも依存するが 10 分～8 時間の範囲が適切である。これより短時間では表面粗さの改善が不十分になることがあり、これより長時間では生産性が低下してしまう。一方、上記熱処理を R T A (R a p i d T h e r m a l A n n e a l i n g) 装置を用いて行う場合には、熱処理温度は
10 1200°C 以上とし、熱処理時間は 1～120 秒とすることが好適である。また、これらのバッチ炉による熱処理と R T A 装置による熱処理を組み合わせて行うこともできる。

熱処理雰囲気としては、不活性ガス、水素ガス、あるいはこれらの混合ガス雰囲気であればよいが、水素ガスの割合が多いと前述のような貼り合わせ界面への侵食が発生しやすくなること、および熱処理によるスリップ転位が発生しやすくなることから、水素ガスの含有量は 25% 以下とすることが好ましい。さらに、安全上の観点から、水素ガスは爆発限界（4%）以下の含有量とすることがより好ましい。不活性ガスとしては、最も安価で汎用性が高いアルゴンガスが好適であるが、ヘリウム等を用いてもよい。

20 このように、本発明では、剥離面に直接犠牲酸化膜を形成するのではなく、まず工程 (g) の熱処理を施すことによって、薄膜に O S F を発生させることなく、かつ膜厚均一性を悪化させることなく、表面粗さと表面のダメージを改善するようとする。

次に、工程 (g) の熱処理のみでは S O I 表面のダメージが除去しきれない場合が多いので、工程 (h) の熱酸化工程により、S O I 表面のダメージを酸化膜に取り込むと同時に、得られる S O I 層の厚さが所望の厚さになるように形成する熱酸化膜の厚さを調整する。このように S O I 層の減厚を熱酸化で行なえば、膜厚均一性をほとんど悪化させることなく薄膜化が可能である。

そして、工程 (i) において、例えば H F を含有する水溶液を用いて熱酸化膜

の除去を行えば、所望の膜厚の S O I 層を有する S O I ウエーハが形成される。

こうして、膜厚均一性を維持しつつ、確実に表面粗さおよび表面のダメージを除去した所望厚さの S O I 層を有する S O I ウエーハを得ることができる。

なお、工程 (g) の熱処理後、熱酸化工程 (h) の前に、必要に応じて、取り
5 しろ 70 nm 以下、特には 50 nm 以下の研磨工程を付加することもできる（図
1 の g' 参照）。この研磨工程を加えることにより、工程 (g) の熱処理で除去
しきれなかった表面粗さの長周期成分を確実に除去することができる。また、研
磨しろを 70 nm 以下、特には 50 nm 以下に限定しているため、従来の研磨し
ろ (100 nm 程度、あるいはそれ以上) に比べれば少なく、例えば半分以下と
10 することもでき、S O I 層の膜厚均一性の低下を格段に抑制することができる。

以下、本発明の実施例および比較例を挙げて具体的に説明するが、本
発明はこれらに限定されるものではない。

15 (実施例 1 ~ 4 および比較例 1 ~ 3)

チョクラルスキ法により作製された結晶方位 <100> で、導電型が p 型で、
抵抗率が 20 Ω · cm のシリコン単結晶インゴットをスライスして、これを加工
することによって直径 200 mm のシリコン鏡面ウエーハを作製した。これらを
ボンドウエーハとベースウエーハに分け、図 1 (a) ~ (i) に示す工程に従っ
20 た本発明のイオン注入剥離法により S O I ウエーハを製造することにした。

まず、図 1 の (a) ~ (e) にしたがい、ボンドウエーハ 2 を剥離して、S O
I ウエーハ 6 を得た。この時、埋め込み酸化膜 3 の厚さは 400 nm とし、その
他イオンの注入等の主な条件は次の通りとした。

1) イオン注入条件 : H+ イオン、注入エネルギー 90 keV、

25 注入線量 6. 5 × 10¹⁶ / cm²

2) 剥離熱処理条件 : N₂ ガス雰囲気下、500 °C、30 分

こうして厚さ 437 nm の S O I 層 7 を有する S O I ウエーハ 6 を得ることができたが、図 1 (e) の剥離したままの S O I ウエーハ 6 の表面（剥離面）の表面粗さを、原子間力顕微鏡法により 1 μm 角で測定したところ、R M S 値（二乗

平均平方根粗さ) で平均 6.7 nm であった。この値は、通常の鏡面研磨されたシリコン単結晶ウェーハの表面粗さの 10 倍以上の値で、剥離したままの SOI 層の表面は局部的な面粗れ(短周期成分)が大きいことがわかる。また、長周期成分の目安となる 10 μm 角の RMS 値も平均 5.5 nm と大きかった。

5 これらの剥離工程(e)直後の SOI ウェーハを用いて、その後の工程を表 1 および表 2 に示したそれぞれの処理フローで SOI ウェーハを加工した。こうして得られたそれぞれの貼り合わせウェーハの SOI 層の表面粗さ(RMS)、膜厚均一性(平均値 t、標準偏差 σ)、欠陥密度を測定した。各処理条件および測定条件は表 3 に示した。

10

表 1

	実施例 1	実施例 2	比較例 1	比較例 2
処理フロー	結合熱処理なし ↓ Ar アニール ↓ 犠牲酸化 ↓ 酸化膜除去	結合熱処理 ↓ Ar アニール ↓ 40 nm 研磨 ↓ 犠牲酸化 ↓ 酸化膜除去	結合熱処理なし ↓ Ar アニール	結合熱処理 ↓ 犠牲酸化 ↓ 酸化膜除去 ↓ Ar アニール

15

表 2

	実施例 3	実施例 4	比較例 3
処理フロー	結合熱処理 ↓ Ar アニール ↓ 55 nm 研磨 ↓ 犠牲酸化 ↓ 酸化膜除去	結合熱処理 ↓ Ar アニール ↓ 70 nm 研磨 ↓ 犠牲酸化 ↓ 酸化膜除去	結合熱処理 ↓ 100 nm 研磨

表 3

処理条件 および測定条件	(結合熱処理) (Arアニール)	1100°C 120分 (N ₂ 100% 霧囲気) 1200°C、60分 (Ar 100% 霧囲気)
	(犠牲酸化)	950°C パイロジエニック酸化、 酸化膜厚 : 590 nm (実施例1)、500 nm (実施例2)、 465 nm (実施例3)、435 nm (実施例4)、 590 nm (比較例2)
	(酸化膜除去)	5% フッ酸によるエッチング
	(表面粗さ測定)	V e e c o 社製 A F M、1 μm 角および 10 μm 角の RMS 測定
	(膜厚分布測定)	A D E 社製 A c u M a p 2、面内 1765 点測定
	(欠陥測定)	S O I 層厚が 30 nm になるまで希釀セコエッチング → フッ酸エッチング → 光学顕微鏡観察

5 ここで、S O I 層の欠陥測定方法について簡単に説明する。

本発明のような薄膜 S O I の場合、通常のシリコンウエーハの選択エッチングに用いられるセコエッチング液（重クロム酸とフッ酸と水の混合液）ではエッチングレートが速すぎ、短時間で S O I 層がエッチング除去されてしまうため、欠陥の評価に適さない。

10 そこで、セコエッチング液を純水で希釀してエッチングレートを低下させた希釀セコエッチングを用いて S O I 層が所定の厚さになるまでエッチングを行なう。これにより、S O I 層中の欠陥部分は S O I 層を貫通する微小ピットとなる。この微小ピットのままでは観察が困難であるので、フッ酸に浸漬することにより微小ピットを通じて埋め込み酸化膜をエッチングして欠陥部分を顕在化させれば、

15 薄膜 S O I 層の表面から光学顕微鏡により容易に観察することができる。

本実施例および比較例においては、市販されている通常のセコエッチング液を

2倍に希釈して用い、S O I層の残し厚が約30nmになった所で希釈セコエッチングを終了させた。その後、25重量%のフッ酸に90秒間浸漬させ、埋め込み酸化膜に形成されたピットを倍率100倍の光学顕微鏡により観察することにより、欠陥密度を測定した。

5 測定結果を表4、表5に記載した。

表4

	R M S (n m)		膜厚分布 (n m)		欠陥密度 (個/c m ²)
	1 μ m 角	10 μ m 角	平均値 t	σ	
実施例 1	0. 08	0. 29	171. 5	0. 2	1 × 10 ²
実施例 2	0. 06	0. 16	172. 4	1. 0	1 × 10 ²
比較例 1	0. 10	0. 28	437. 0	0. 2	5 × 10 ⁵
比較例 2	0. 11	0. 30	171. 5	0. 2	2 × 10 ⁴

10

表5

	R M S (n m)		膜厚分布 (n m)		欠陥密度 (個/c m ²)
	1 μ m 角	10 μ m 角	平均値 t	σ	
実施例 3	0. 08	0. 15	172. 5	1. 4	1 × 10 ²
実施例 4	0. 09	0. 14	171. 5	1. 5	1 × 10 ²
比較例 3	0. 10	0. 13	437. 0	2. 0	5 × 10 ⁵

15 表4および表5の結果より、イオン注入による表面粗さおよび表面のダメージを十分に除去し、欠陥の少ないS O I層を形成するためには、実施例1ないし実施例4に示した本発明の製造方法が好適であることがわかる。また、実施例1は、剥離面の研磨除去を全く行なっていないため膜厚均一性も極めて優れている。表面粗さの長周期成分に関しては、70nm以下の研磨を行なった実施例2～4と

比較するとわずかに低いものの、剥離直後に比べて 1 枝以上の改善が得られている。また、実施例 2～4 については、研磨による影響のため膜厚均一性に若干の低下がみられるが、依然として σ が 1.0～1.5 nm という高水準を維持している。また、表面粗さに関しては、短周期成分、長周期成分ともに極めて高品質なものが得られている。

一方、比較例 1 のように、Ar アニールのみでは欠陥密度が著しく高く、表面のダメージが完全には除去できていないことがわかる。また、比較例 2 のように、Ar アニール前に犠牲酸化を行なうことによって欠陥の低減効果は得られているが、酸化工程での OSF の発生により、実施例 1～4 に比べれば欠陥密度が高いことがわかる。また、比較例 3 のように、研磨のみでは欠陥密度が著しく高い上に、100 nm も研磨していることから膜厚均一性が悪い。

したがって、本発明によれば、例えば、SOI 層表面を 1 μm 角および 10 μm 角で測定した表面粗さ (RMS) がいずれも 0.15 nm 以下であり、SOI 層の膜厚の σ が 1.5 nm 以下であり、しかも欠陥密度が 10^3 個/cm² 未満である貼り合わせ SOI ウエーハを作製できることがわかる。

さらに、上記実施例では表面粗さを改善する熱処理の雰囲気として Ar 100% 雰囲気を用いているが、これに代えて水素ガス 3% を含むアルゴン雰囲気で実施したところ、上記とほぼ同様の結果が得られた。そして、上記実施例 1～4 における Ar 100% 雰囲気、およびこれに代えた水素ガス 3% を含むアルゴン雰囲気での熱処理では、水素 100% 雰囲気の熱処理のように水素を多量に含有する雰囲気を用いた熱処理で見られるような貼り合わせ界面の侵食は観察されなかつた。

なお、本発明は、上記実施形態に限定されるものではない。上記実施形態は、例示であり、本発明の特許請求の範囲に記載された技術的思想と実質的に同一な構成を有し、同様な作用効果を奏するものは、いかなるものであっても本発明の技術的範囲に包含される。

例えば、上記では 2 枚のシリコンウエーハを貼り合わせて SOI ウエーハを製造する場合を中心に説明したが、本発明は、この場合に限定されるものではなく、

シリコンウエーハにイオン注入後に絶縁性ウエーハと結合し、シリコンウエーハを剥離してS O I ウエーハを製造する場合や、イオン注入するウエーハとしてG a A s 等の化合物半導体ウエーハを用いる場合にも当然に適用可能である。

また、本発明の貼り合わせウエーハの製造工程も、図1に示したものに限定されるものではなく、この工程には、洗浄、熱処理等の他の工程が付加されることもあるし、あるいは一部工程順の入れ替え、省略等を目的に応じて適宜行うこと 5 ができるものである。

請 求 の 範 囲

1. 少なくとも、ガスイオンの注入により形成された微小気泡層を有するボンドウェーハと支持基板となるベースウェーハとを接合する工程と、前記微小気泡層を境界としてボンドウェーハを剥離してベースウェーハ上に薄膜を形成する工程とを有するイオン注入剥離法によって貼り合わせウェーハを製造する方法において、前記ボンドウェーハを剥離した後の貼り合わせウェーハに、不活性ガス、水素ガス、あるいはこれらの混合ガス雰囲気下で熱処理を施し、その後、該貼り合わせウェーハに熱酸化を行って前記薄膜の表面に熱酸化膜を形成し、該熱酸化膜を除去することにより前記薄膜の厚さを減ずることを特徴とする貼り合わせウェーハの製造方法。
2. 前記不活性ガス、水素ガス、あるいはこれらの混合ガス雰囲気下での熱処理の後、前記薄膜の表面を 70 nm 以下の取りしろで研磨し、その後前記熱酸化を行なうことを特徴とする請求項 1 に記載した貼り合わせウェーハの製造方法。
3. 前記不活性ガス、水素ガス、あるいはこれらの混合ガス雰囲気下での熱処理を、アルゴン 100% 雰囲気または爆発限界以下の水素を含むアルゴン雰囲気で行なうことを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載した貼り合わせウェーハの製造方法。
4. 前記ボンドウェーハとして、シリコン単結晶ウェーハを用いることを特徴とする請求項 1 ないし請求項 3 のいずれか 1 項に記載した貼り合わせウェーハの製造方法。

25

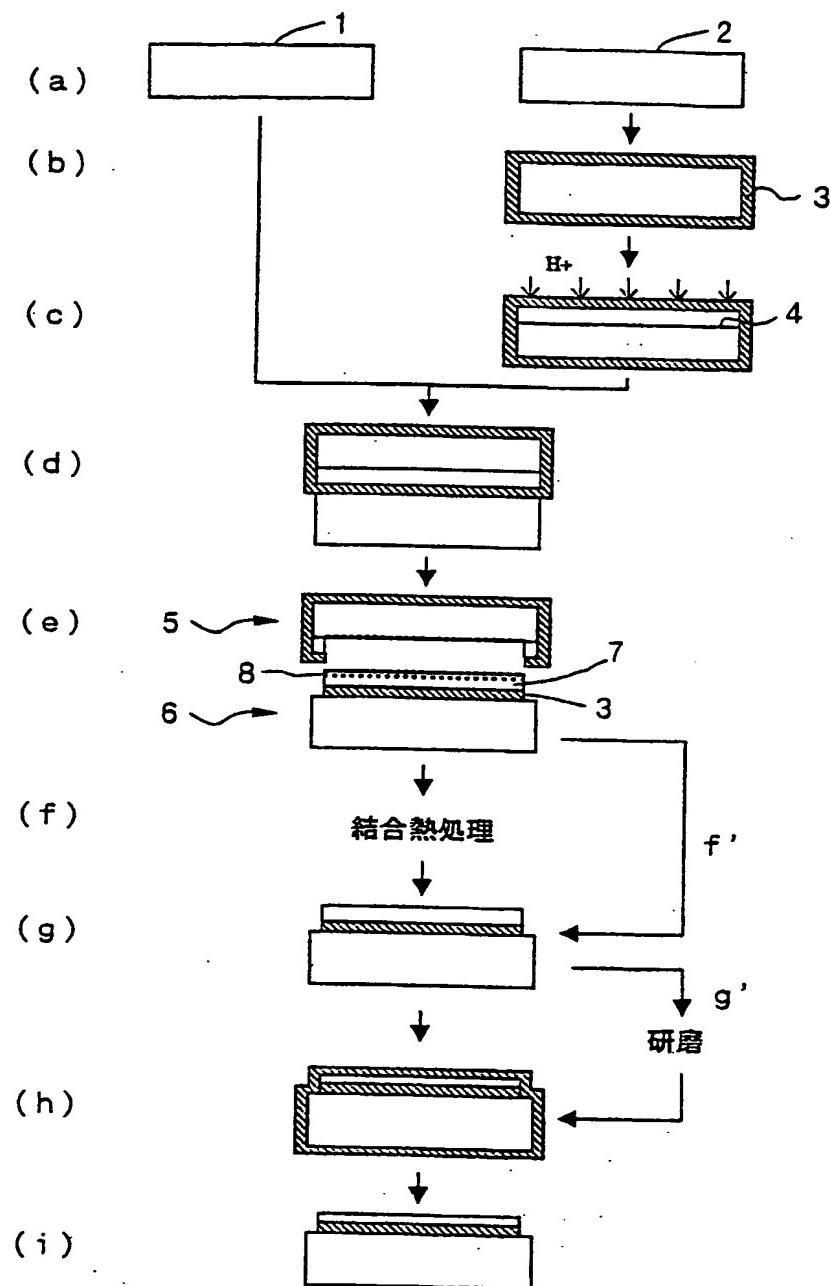
5. 請求項 1 ないし請求項 4 のいずれか 1 項に記載した方法により製造された貼り合わせウェーハ。

6. 2 枚のシリコンウェーハを酸化膜を介して貼り合わせて製造された SO

I ウエーハであって、S O I 層表面を $1 \mu m$ 角および $10 \mu m$ 角で測定した表面粗さ (R M S) がいずれも $0.15 nm$ 以下であり、S O I 層の膜厚の σ が $1.5 nm$ 以下であることを特徴とする貼り合わせS O I ウエーハ。

1 / 1

図 1



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP02/06965

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl⁷ H01L27/12

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ H01L27/12, H01L21/02, H01L21/26-21/268, H01L21/322-21/326

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2002
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2002	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2002

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 01/28000 A1 (Shin-Etsu Handotai Co., Ltd.), 19 April, 2001 (19.04.01), Full text; Figs. 1 to 7 & EP 1158581 A1 & KR 2001101154 A	6
Y	US 5989981 A (Nippon Telegraph and Telephone Corp.), 23 November, 1999 (23.11.99), Full text; Figs. 1 to 10 & JP 10-74922 A Full text; Figs. 1 to 8 & EP 817248 A2 & KR 98011763 A	1-5

<input checked="" type="checkbox"/>	Further documents are listed in the continuation of Box C.	<input type="checkbox"/>	See patent family annex.
-------------------------------------	--	--------------------------	--------------------------

* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family
---	--

Date of the actual completion of the international search 27 September, 2002 (27.09.02)	Date of mailing of the international search report 08 October, 2002 (08.10.02)
--	---

Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

BEST AVAILABLE COPY

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP02/06965

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	EP 1045448 A1 (Shin-Etsu Handotai Co., Ltd.), 18 October, 2000 (18.10.00), Full text; Figs. 1 to 3 & JP 2000-124092 A Full text; Figs. 1 to 3 & WO 00/24059 A1 & KR 2001033179 A	1-5
Y	JP 11-354761 A (Sumitomo Metal Industries, Ltd.), 24 December, 1999 (24.12.99), Full text; Figs. 1 to 3 (Family: none)	2
Y	EP 867928 A2 (Shin-Etsu Handotai Co., Ltd.), 25 March, 1998 (25.03.98), Full text; Figs. 1 to 6 & JP 10-326790 A Full text; Figs. 1 to 6 & TW 374201 A	3
A	US 6103599 A (Silicon Genesis Corp.), 15 August, 2000 (15.08.00), Full text; Figs. 1 to 7 (Family: none)	1-6

JED! AVAILABLE COPY

A. 発明の属する分野の分類(国際特許分類(IPC))

Int. C1' H01L27/12

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料(国際特許分類(IPC))

Int. C1' H01L27/12, H01L21/02, H01L21/26-21/268,
H01L21/322-21/326

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年

日本国公開実用新案公報 1971-2002年

日本国登録実用新案公報 1994-2002年

日本国実用新案登録公報 1996-2002年

国際調査で使用した電子データベース(データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	WO 01/28000 A1 (信越半導体株式会社) 2001.04.19, 全文, 第1-7図 & EP 1158581 A1 & KR 2001101154 A	6

 C欄の続きにも文献が列挙されている。 パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献(理由を付す)

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

27.09.02

国際調査報告の発送日

08.10.02

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官(権限のある職員)

萩原 周治

4L 9835

電話番号 03-3581-1101 内線 3496

C(続き) 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	US 5989981 A (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) 1999. 11. 23, 全文, 第1-10図 & JP 10-74922 A, 全文, 第1-8図 & EP 817248 A2 & KR 98011763 A	1-5
Y	EP 1045448 A1 (SHIN-ETSU HANDOTAI CO., LTD) 2000. 10. 18, 全文, 第1-3図 & JP 2000-124092 A, 全文, 第1-3図 & WO 00/24059 A1 & KR 2001033179 A	1-5
Y	JP 11-354761 A (住友金属工業株式会社) 1999. 12. 24, 全文, 第1-3図 (ファミリーなし)	2
Y	EP 867928 A2 (SHIN-ETSU HANDOTAI CO., LTD) 1998. 03. 25, 全文, 第1-6図 & JP 10-326790 A, 全文, 第1-6図 & TW 374201 A	3
A	US 6103599 A (SILICON GENESIS CORPORATION) 2000. 08. 15, 全文, 第1-7図 (ファミリーなし)	1-6

THIS PAGE BLANK (USPTO)